

都市河川における水量・水質解析モデルを用いた流域管理システム

九州大学大学院 学生員 金 銀娥
同 上 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

近年、都市化流域における河川では、都市化の進展に伴う低水流量の減少、流出汚濁負荷量の増加など深刻な問題が生じている。そのため、河川流域における流出・物質輸送機構を解明して適切な流域管理を行えるようにする事が求められている。そこで、本研究では博多湾流域を対象として、地理情報システム (GIS; Geographical Information System)を用いて各河川の非定常状態で、一次元化した流路の水理解析を行い、水量・水質の定量化を試みた。

2. 研究内容

2.1 小流域分割

博多湾流域を2級河川の水質基準点や水質測定点を基準とする39の小流域に分割した。その結果を図1に示す。

2.2 水量解析モデルの構築

(1) 計算方法

水の流出を直接流出(表面流出と中間流出)と間接流出(地下水流出)に分けた。直接流出としての地表水系を表すために、3つのタンクの直列貯留型を採用した。そして、1/10メッシュ(約100m*100m)毎の日単位の降水量、蒸発量データとタンクモデル式を用いて河川流出量を算定した。また、間接流出としての地下水系の算定に際しては、福岡市の井戸の水位のデータから重回帰分析によって求めた地下水面に、20年間の平均降水量に等しい雨を計算上降らせて安定化したときの地下水水位を初期水位とした。そして、ダルシー則により、初期水量に日単位のタンクモデルからの浸透量を加えて河川への流出量と地下水存在量を算定した。

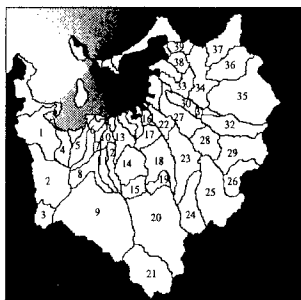


図1 流域分割図

ここでGhyben-Herzberg (ガイベンヘルツベルグ) 則により求めた塩水浸入地区には淡水の地下水が存在しないことにした。地表水系と地下水系から得られた河川への流出量と取水量、排水量などを加えて、各小流域毎の河川への流量を算定した。

(2) 解析結果

河川流量の検証に際し、2級河川の流量の実測値がないので、瑞梅寺ダムの流入量と、これらのダムの流域と同一の小流域での流出量を比較した。その結果は図2、3に示すように、晴天時にもよく一致したことから、このモデルの渇水時における適用可能性を確認した。

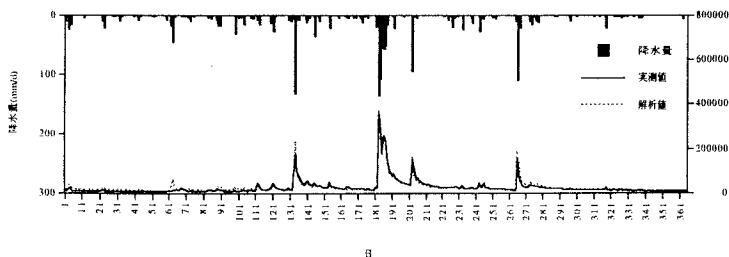
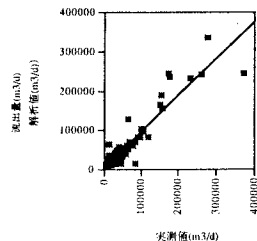


図2 瑞梅寺ダムのハイドログラフ



$$y = 0.933x + 1855.566 \quad r = 0.943$$

図3 相関関係

2.3. 流路の水理解析モデル

(1) 対象河川の概要

対象とした宇美川は、河口で多々良川に合流する左支川である。

その流域は、志免町、宇美町、福岡市に及び、流域面積は50.8km²と多々良川流域107.7km²の50%を占めており、

幹線流路延長は24.4km (1/10メッシュ244個相当)で、福岡市における多々良川とともに治水と利水についての意義がきわめて大きい流域である。

解析対象としての水質項目は、BOD、Chl-a濃度、TN、TPである。

(2) 流路の水理解析と結果

本研究で用いた流路の水理解析モデルは、不定流の基礎方程式であり、逐次計算法を用いて種々の水理的な特性を計算した。用いた基礎式は以下の通りである。

流路の水理解析モデル

$$\frac{\partial A^*}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q^* \tag{1}$$

$$\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha u^2}{2g} \right) = i \cdot \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{u^2}{C^2 \cdot R} \quad \left(C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \right) \tag{2}$$

$$\frac{\partial Q^*}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A^2} \right) = g \cdot \left[i \cdot \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{n^2 \cdot Q^2}{A^2 \cdot R^{4/3}} \right] \quad \left(A^* = \frac{A_x^t + A_{x+\Delta x}^t}{2} \right) \tag{3}$$

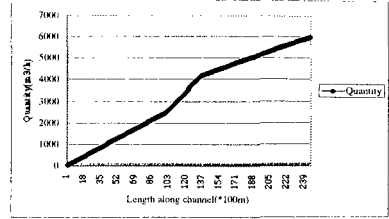


図4 宇美川における流量の変動

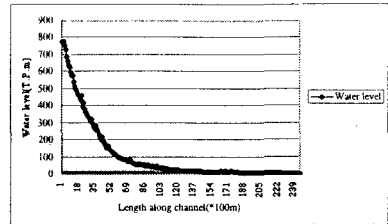


図5 宇美川における水位の変動

図4、5に流水の解析結果を示す。この流れの再現結果の妥当性は、傾向として正しいものの、精度の検討は、データがないため課題となっている。

2.4 水質解析モデルの構築

水質解析モデルに必要な流量、水位などの水理量は、非定常状態の流れ解析により求め、条件としての河幅、水路長、水路勾配には実測値を用いた。植物プランクトン濃度を求めた物質方程式を式4に示す。

ここで、必要なパラメータは福岡県や、市から発行した資料を用いていたが、時間単位での解析に最も重要な項目には回帰分析結果を与えた。その中で水温では、気象庁で発行した地上気象観測原簿データの中で、水温と関係がある気温、蒸気圧、全日射を実測値が測定された同じ時間帯のデータを調べ、回帰分析法で計算した。

結果は以下に表すとおりである。

$$y = 0.891x_1 - 0.746x_2 - 0.096x_3 + 3.925$$

$$r = 0.97$$

x_1 : 気温、 x_2 : 全日射、 x_3 : 蒸気圧

3. まとめ

博多湾流域の都市河川における水量・水質解析を1/10メッシュ毎に河川別に行った。今後はTN、TP、農薬などの水質解析を行い、これらの結果を用いて現況を把握する。そして、これからの濁水流況に対して対応できるように水資源開発計画、流域における施設整備と安全度評価による検討などに関する最適化水供給システムを考察する予定である。

参考文献

・荒巻俊也、松尾友矩；「流域水管理シミュレーションに用いる流量の作成手法に関する研究」

$$V \cdot \frac{dP}{dt} = Q^{in} P^{in} - Q^{out} P + (G_P - D_P) \cdot P \cdot V$$

$$G_P = \mu \cdot \frac{L}{K_L + L} \cdot \frac{C_{IN}}{K_{IN} + C_{IN}} \cdot \frac{C_{TP}}{K_{TP} + C_{TP}}$$

$$D_P = K_d \cdot (\theta^{(tw-20)})$$

$$\mu = \mu_{max} \cdot (\theta^{(tw-20)}) \tag{4}$$

P : 植物プランクトン濃度(μ g chl.a/l)、
 G_P : 植物プランクトンの増殖速度係数(h^{-1})、
 D_P : 植物プランクトンの死滅速度係数(h^{-1})、
 Q^{in} : 流入水量(m^3/h)、 Q^{out} : 流出水量(m^3/h)、
 K_L, K_{IN}, K_{TP} : 日射量、全無機態窒素、リンの摂取に関する飽和定数、 L : 日射量、 θ : 温度係数、
 C_{IN} : 全無機態窒素(mg/l)、 C_{TP} : リン濃度(mg/l)、
 μ : 増殖速度、 μ_{max} : 最大比増殖速度、
 tw : 水温、 V : 体積(m^3)、 t : 流下時間(hour)

式4 植物プランクトン濃度の物質方程式